

**Untersuchungen des Blutgefäßsystems  
in Pulpen von Schweinezähnen  
anhand von Injektionspräparaten**

(mit 10 Abbildungen).

**KÄTE FRIEMEL**

München

---

1962



Digitized by the Internet Archive  
in 2026

[https://archive.org/details/IA41555213\\_0072](https://archive.org/details/IA41555213_0072)

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München.

Direktor: Prof. Dr. Titus von LANZ

**Untersuchungen des Blutgefäßsystems  
in Pulpen von Schweinezähnen  
anhand von Injektionspräparaten**

(mit 10 Abbildungen).

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde  
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

**KÄTE FRIEMEL**

aus

München

1962



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München.

Berichterstatter:      Privatdozent Dr. J. LANG

Mitberichterstatter: Professor Dr. T. von LANZ

Dekan:                  Professor Dr. A. HERRMANN

Tag der mündlichen Prüfung: 23. 10. 1962

Aus dem Anatomischen Institut der Universität München.

Direktor: Prof. Dr. Titus von LANZ

**Untersuchungen des Blutgefäßsystems  
in Pulpen von Schweinezähnen  
anhand von Injektionspräparaten**

(mit 10 Abbildungen).

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung der Doktorwürde in der Zahnheilkunde  
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät der  
Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von

**KÄTE FRIEMEL**

aus

München

1962

Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität München.

Berichterstatter:      Privatdozent Dr. J. LANG

Mitberichterstatter:   Professor Dr. T. von LANZ

Dekan:                    Professor Dr. A. HERRMANN

Tag der mündlichen Prüfung: 23. 10. 1962

*In Dankbarkeit meinen Eltern gewidmet.*

# INHALTSVERZEICHNIS

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| I. Literaturübersicht und Fragestellung . . . . .      | 5  |
| II. Material und Technik . . . . .                     | 6  |
| III. Befunde                                           |    |
| A. Stereomikroskopische Befunde . . . . .              | 6  |
| 1. Das Gefäß-System im                                 |    |
| a) jungen Zahn . . . . .                               | 7  |
| b) jugendlichen Zahn . . . . .                         | 7  |
| c) alten Zahn . . . . .                                | 9  |
| 2. Einzelne Sonderbefunde                              |    |
| a) Gefäßverbindungen zwischen Pulpa u. Periodontium    | 10 |
| b) Knäuelkapillaren . . . . .                          | 11 |
| c) Wendelartig gewundene Pulpengefäße . . . . .        | 11 |
| d) Arterio-venöse Gefäßverbindungen . . . . .          | 12 |
| e) Gefäß-System des Caninus . . . . .                  | 12 |
| B. Histologische Befunde . . . . .                     | 12 |
| 1. Bau der Gefäße in jungen und alten Pulpen . . . . . | 12 |
| 2. Gefäße der Radiärzone . . . . .                     | 13 |
| 3. Wendelartig gewundene Pulpengefäße . . . . .        | 13 |
| 4. Kapillarplexus und Kapillarschlingen . . . . .      | 13 |
| IV. Diskussion . . . . .                               | 14 |
| V. Zusammenfassung . . . . .                           | 16 |
| VI. Literaturverzeichnis . . . . .                     | 18 |
| VII. Lebenslauf . . . . .                              | 25 |

## I. LITERATURÜBERSICHT UND FRAGESTELLUNG

Die äußere Form, die Stellung im Kiefer und die Beschaffenheit der Hartsubstanz des Zahnes werden in der Fachliteratur ausführlich abgehandelt. Merkwürdigerweise sind die Angaben über die Ernährungswege des Zahnes sehr spärlich. Die ersten Hinweise auf eine Blutversorgung in der menschlichen Pulpa gibt FAUCHARD (1733). Er beschreibt die Blutgefäße, die in das Innere des Zahnes eindringen und sich in Kapillaren aufteilen. LINDERER (1837), KÖLLIKER (1867), WEDEL (1870) und PARREIDT (1886) bestätigen das Vorhandensein von Kapillaren in der Pulpa und weisen auf lange Gefäß-Schlingen an deren Oberfläche hin. Erst in neuerer Zeit sind Methoden und Apparaturen entwickelt worden, um den Verlauf der Pulpenkapillaren klar darzustellen. So ist es SAUNDERS (1957) gelungen, mit einer radioopaken Injektionsmasse Gefäße von beträchtlicher Stärke in der Zahnpulpa, sowie ein Kapillarnetz an der Pulpenoberfläche sichtbar zu machen. KRAMER (1960) hat mittels einer Saugvorrichtung die Pulpa mit Indiatusche injiziert. Die Gefäße extrahierter Zähne werden durch das Foramen apikale aufgefüllt. An aufgehellten Pulpenpräparaten zeigt KRAMER (1951) ein kontinuierliches Oberflächennetz aus Kapillaren.

Sehr unterschiedlich wird die Frage beantwortet, ob das feinverzweigte Kapillarnetz unter der Odontoblastenschicht liegt oder sie durchsetzt und es unmittelbar das Prädentin berührt. P'OMES (1877) und METONITZ (1891) sind der Meinung, daß der Kapillarplexus an die Basis der Odontoblasten reicht. JONGE COHEN (1928) und WALKOFF (1901) weisen darauf hin, daß er sich bei Anwesenheit einer WEIL'SCHEN Zone unterhalb dieser Schicht zeigt. In neuester Zeit bestätigt KRAMER (1960) diese Befunde. Er spricht von einem „Subodontalplexus“.

Im Gegensatz zu diesen Forschungsergebnissen nehmen MORGENSTERN (1896), LEPKOWSKI (1901), FISCHER-LANDOIS (1908), EBNER (1922), GAINI (1926), SICHER (1928) und MEYER (1932) an, daß Kapillaren in die Odontoblastenschicht hineinreichen können. Nach FABER (1933) dringen die Kapillaren sogar durch die Odontoblastenschicht hindurch und haben direkten Kontakt mit dem Prädentin. KRAMER (1960) bestätigt dies in Ausnahmefällen. Er beschreibt erstmalig Zahnpulpen, deren Kapillarschlingen weit in das Dentin eindringen. Außerdem beobachtet er, wie bereits andere Forscher, Gefäßverbindungen aus dem Periodontium zum Gefäß-System der Wurzel- und Kronenpulpa.

Eine geschlossene Untersuchungsreihe des Blutgefäß-Systems der einzelnen Zahntypen und aller Altersstufen beim Menschen ist unter anderem deshalb nicht möglich, weil geeignetes Untersuchungsgut nicht in ausreichender Menge zur Verfügung steht. Deshalb befaßt sich die vorliegende Arbeit mit der Vascularisation von Tierzähnen. Zur Untersuchung gelangten Zähne von Hausschweinen, weil die Zähne dieses Tieres den menschlichen ähneln. Als Säugetier und Allesfresser besitzt das Schwein wie der Mensch *Dentes decidui* und *Dentes permanentes*. Auch die vier Zahntypen entsprechen den vier Grundtypen: *Incisivi*, *Canini*, *Prämolaren* und *Molaren*.

Die vorliegende Untersuchung hat folgende Aufgaben:

1. Die unterschiedliche Gefäß-Struktur der jungen, der jugendlichen und der alten Pulpa des Schweinezahnes aufzuzeigen.
2. Die Lage des Kapillarplexus zu bestimmen.
3. Die Fragen zu prüfen, ob die Gefäße des Schweinezahnes ähnlich gestaltet sind wie die menschlicher Zähne.

## II. MATERIAL UND TECHNIK

Zur Untersuchung gelangten injizierte Pulpengefäße des Schweinezahnes. Die Tiere waren 4 Tage, 3, 5 Wochen, 3, 5, 7, 8 Monate,  $1\frac{3}{4}$ , 2,  $3\frac{1}{2}$ ,  $4\frac{1}{2}$  und 5 Jahre alt. Keimanlagen, verlagerte oder noch nicht durchgebrochene Zähne fanden keine Beachtung.

Die Injektion erfolgte nach der Technik J. LANG (1954) in die Arteria carotis communis. Als Konservierungs- und Fixierungsflüssigkeit diente ein Formalin-Wassergemisch 1 : 6.

Mit Hammer und Meißel mußten die einzelnen Zähne aus den Kiefern herausgestemmt werden. Die Pulpa ließ sich auf die gleiche Weise durch Sprengen des Schmelz-Dentinmantels freilegen. Alle Abbildungen der Gefäßmuster entstanden unter dem Stereomikroskop mit dem dazugehörigen Photoansatz und einem Contaxgehäuse. Die Aufhellung der Präparate gelang nach der Behandlung in aufsteigender Alkoholreihe durch Methylbenzoicum. Einige Zähne wurden mit einer Mischung aus einer 5%igen Trichloressigsäure und 20% Formalin 1 : 4 entkalkt und anschließend histologisch untersucht. Die Paraffinschnitte waren 7 bis  $14\ \mu$  dick. Als Färbemethoden eigneten sich die Leukofuchsinreaktion nach MC MANUS und die Kernechtrot-Alcianblaufärbung. Die Abbildungen der histologischen Präparate wurden mit dem Photomikroskop der Firma Zeiss angefertigt. Zu allen Messungen fanden die Zeiss'schen Messokulare Verwendung.

### A. STEREOMIKROSKOPISCHE BEFUNDE

Beim Durchbruch eines Zahnes ist sein Wachstum noch nicht beendet, sondern es schließt sich eine Zeit des ständigen Um- und Anbaues an. Das Volumen des Pulpenraumes nimmt während der Alterung ab. Gleichzeitig verändert sich das Blutgefäß-System des Zahnes. Kontinuierlich wandelt sich während des Alterns das kapillarreiche, auf gute Ernährung eingestellte Blutversorgungssystem des jungen Zahnes in eine senile, kapillarärmere Form um. Dentes decidui und Dentes permanentes weisen die gleichen Befunde auf. Lediglich die Zeit des Umbaues ist unterschiedlich. Auch die einzelnen Zahntypen, wie Incisivi, Canini, Prämolaren und Molaren folgen der gleichen Regel. Die Charakteristika der Gefäß-Strukturen eines jungen, eines jugendlichen

und eines alten Zahnes sollen im folgenden beschrieben werden, um die während der Alterung auftretenden Umbauvorgänge des Gefäß-Systems aufzeigen zu können.

### *a) Der junge Zahn*

Sprengt man den Schmelz-Dentinmantel eines injizierten, fixierten Zahnes, so läßt sich das Weichgewebe von der harten Schale lösen. In die Oberfläche der Pulpa eines eben durchgebrochenen Caninus oder Molaren ist ein engmaschiges Kapillarnetz eingelagert (Abb. 1). Es überzieht die Kronen- und alle Wurzelanteile gleichmäßig. Hervorgehoben sei, daß die Kronen- und die Wurzelpulpa von einem Kapillarnetz gleicher Maschenweite bedeckt ist. In der Gegend des Foramen apikale befindet sich eine kapillarfrie Zone. Ihre Länge verhält sich proportional dem Pulpenvolumen. Dementsprechend ist sie beim Incisivus I breiter als beim Incisivus III. Das Kapillarnetz ist nicht in einer Ebene entwickelt. Bei Änderung der Tiefeneinstellung des Stereomikroskopes wird deutlich, daß die einzelnen Maschen schräg zur Außenfläche stehen und häufig in sich geknickt sind. Der durchschnittliche Durchmesser eines Netzlumens beträgt 0,075 mm.

Interessant ist die Betrachtung eines Längsschnittes durch die junge Pulpa. Durch das weite Foramen apikale dringen viele fast gleich starke Arterien und Venen. Die Arterien teilen sich selten auf. Die Venen anastomosieren wenig miteinander. Sie verlaufen in der Wurzelpulpa axial, dicht nebeneinander. Erst etwa 1 mm unter der Pulpenoberfläche sind die Arterien und insbesondere die Venen stark verzweigt (Abb. 2). Sie bilden eine breite Zone aus dicht nebeneinander, fast parallel geordneten Blutbahnen. Diese Gefäßanordnungen sind radiär zur Zahnachse orientiert. An der Oberfläche der Pulpa gehen die Gefäße in netzige Kapillarmuster über, die dem Dentin eng anliegen.

Die Zone der radiär orientierten Gefäße an der Außenfläche der Pulpa soll als „Radiärzone“ bezeichnet werden. Ihre Breite wechselt innerhalb der verschiedenen Zahntypen. Beim Caninus ist sie mit 1,25 mm Durchmesser am größten. Der kleinste Wert, der beim ersten Prämolaren gemessen worden ist, beträgt 0,25 mm. Innerhalb ein und desselben Zahnes schwankt die Breite der Radiärzone wenig. Am Apex radialis dentis nimmt sie, im Vergleich zu ihrer Breite in den Pulpenhörnern, geringfügig ab.

### *b) Der jugendliche Zahn*

Während der Alterung wird das Pulpencavum durch den ständigen Dentinbau kleiner. Aus der ursprünglich rundlichen, plumpen Pulpa entwickelt sich eine flachere, grazilere Pulpenform. Dabei ähnelt sie immer der Außenform des Zahnes. Die oberen Schneidezähne sind beispielsweise in labio-palataler Richtung abgeplattet. Ähnlich wird deren Pulpa während der Alterung abgeflacht. Die Querschnitte der Wurzelpulpen ein- und mehrwurzeliger Zähne sind zunächst rund. Später werden sie oval und mitunter vier-

eckig. Bei mehrwurzeligen Zähnen wandelt sich die Wurzelpulpa häufig so um, daß ein halbkreisförmiger Querschnitt entsteht. Die flache Seite ist stets der Zahnachse zugewendet. Ein und dieselbe Wurzel kann quergeschnitten in der Gegend des Foramen apikale rundlich sein, im mittleren Drittel oval und im oberen Drittel der Wurzel dreieckig. Bei der dreieckigen Form ist die flache Seite der Zahnachse zu gelegen.

Eine weitere Folge der Dentinneubildung ist die Verengung des Foramen apikale. Die verengte Zutrittsöffnung passieren weniger, aber großlumigere Gefäße als im jungen Zahn. Sie durchziehen axial den Wurzelbereich der Pulpen. Im Gegensatz zu den Arterien anastomosieren die Venen häufig miteinander. Die randständigen der axial verlaufenden Arterien und Venen versorgen ein Kapillarnetz an der Pulpenoberfläche. In der Kronenpulpa vereinigen sich die Blutversorgungssysteme zweier Wurzeln. An ihrer Berührungsfläche wird das kapillare Oberflächennetz von beiden versorgt. In der Pars coronaria der Pulpa treten auch Anastomosen zwischen den Gefäß-Systemen mehrerer Wurzeln auf.

Das Kapillarnetz an der Außenfläche der jugendlichen Pulpa ist weitmaschiger als das der jungen. Die Maschenweite nimmt von der Krone zum oberen Drittel der Wurzel ab. Durchschnittlich beträgt sie 0,2 mm. In der Nähe des Apex radialis dentis wird das Netz erneut engmaschiger.

Merkwürdig ist die Blutversorgung der im Querschnitt halbkreisförmigen Wurzelpulpenbezirke. Ihre achsensseitigen planen Flächen besitzen nämlich keine Kapillarnetze. Die gewölbten Außenflächen dagegen werden von einem dichten Haargefäßnetz unterlagert.

Entsprechend der Radiärzone in jungen Pulpen kommt auch in jugendlichen Pulpen eine Zone feiner Gefäße vor. Sie ist schmaler als in der jungen Pulpa. Maximal mißt sie 0,4 mm.

Stellenweise fehlt sie ganz, z. B. am Pulpenboden und in der Gegend des Foramen apikale. Die Gefäße dieser Außenzone der jugendlichen Pulpa verbinden die axial verlaufenden weitlumigen Arterien und Venen mit dem oberflächlichen Kapillarnetz. Sie sind nicht mehr streng radiär orientiert wie in der Radiärzone junger Pulpen. Auch ihre Anzahl ist vermindert. Das Gefäß-System des jugendlichen Zahnes ist eine Übergangsform zwischen dem eines jungen und dem eines alten Zahnes (Abb. 3). Es ist zwar ähnlich gestaltet wie das des jungen Zahnes, seine Gefäße sind jedoch weniger zahlreich. Die Maschenweite des oberflächlichen Kapillarnetzes der Pulpa ist größer. Die klare Gliederung in axial verlaufende, weitlumige Gefäße und englumige Gefäße einer Radiärzone fehlt.

Das Gefäß-System des jugendlichen Zahnes besitzt auch Ähnlichkeit zu dem eines alten Zahnes (Abb. 4). Statt des oberflächlichen Kapillarnetzes kommen nämlich an einzelnen Stellen Kapillarschlingen vor. Sie sind spitzbogig, meistens gleich lang und radiär zur Zahnachse orientiert. Sie reichen bis zu 0,5 mm ins Dentin hinein. Häufig sind die Kapillarschlingen am Übergang zwischen Kronen- und Wurzelpulpa zu finden. Außerdem treten sie oft im

oberen und mittleren Drittel der Wurzelpulpa auf. Die arteriellen Schenkel sind englumiger als die venösen. Beide Kapillarschenkel liegen dicht nebeneinander. Schlingen, die durch das ganze Dentin bis in die Nähe des Periodontiums ziehen, werden — im Gegensatz zu KRAMER (1960) — nicht beobachtet.

Besonders an den Frontzähnen kann eine andere Art der Kapillarschlingenbildung gefunden werden. Die Pulpa dieser Zähne ist im Querschnitt oval. Ihr Gefäßaufbau ähnelt dem jugendlichen Typ. Im oberen Drittel der Wurzel sieht die Oberfläche der Pulpa stachelig aus. Die Stacheln entsprechen kurzen Kapillarschlingen, die über die Pulpenoberfläche verteilt sind. In der Seitansicht sehen sie teils rund-, teils spitzbogig aus. Zur Kronenpulpa und zum mittleren Drittel der Wurzelpulpa hin werden diese Kapillarschlingen immer kürzer und gehen schließlich in Kapillarnetze über.

Die Zeitspanne zwischen Durchbruch eines Zahnes und Auftreten des charakteristischen jugendlichen Gefäß-Systems ist bei den einzelnen Zahntypen unterschiedlich groß. Bei den kleinen Zähnen z. B. beim dritten Incisivus, beim ersten und zweiten Prämolare, flachen sich die Wurzelpulpen am ehesten ab. Gleichzeitig verändert sich ihre Vascularisation. Auffallend ist, daß im schmalen Wurzelkanal und besonders an der Einschnürung zwischen Krone und Wurzel sich die ersten Kapillarschlingen zeigen. Im weiträumigen Kronencavum dagegen kommen Kapillarschlingen nur in alten Zähnen vor. Es finden sich Molaren, deren eine Wurzel im Querschnitt rund ist. Ihr Gefäß-System entspricht dem jungen Typ. Die anderen Wurzeln sind hingegen flach. Ihre Gefäß-Systeme ähneln dem hier als jugendlich bezeichneten Typ. Bald ist eine mesiale, bald eine distale Wurzel eher von den Umbauvorgängen innerhalb des Blutversorgungssystems betroffen.

### *c) Der alte Zahn*

Incisivi, Canini, Prämolaren und Molaren altern zu verschiedenen Zeiten. Während das Gefäß-System der Milchzähne sich innerhalb von Monaten ändert, wandelt es sich bei den bleibenden Zähnen im Verlauf von Jahren. Die ältesten Zähne dieser Untersuchungsreihe stammen vom fünfjährigen Schwein. Nicht alle Zähne dieses Tieres besitzen bereits ein Blutversorgungssystem, das für einen „alten Zahn“ charakteristisch ist. Das Gefäß-System der Frontzähne gleicht noch dem jugendlichen Typ, das der Prämolaren dagegen sieht anders aus und ist für „alte Zähne“ kennzeichnend. Das typische Gefäß-System einer alten Pulpa wird im folgenden beschrieben.

Die Pulpa ist durch den weiteren Dentinanbau platt geworden. Lediglich die Fortsätze der Pulpenhörner stehen als kleine Höcker auf dem ebenen, flachen Pulpenboden. Im Seitenzahnbereich liegen die größten Durchmesser der Kronenpulpen parallel zur Okklusionskurve, die der Wurzeln stehen senkrecht dazu. Die Pulpen der Frontzähne sind ebenso wie ihre Außenform abgeflacht.

Durch das gegenüber dem jugendlichen Zahn noch enger gewordene Foramen apikale ziehen im alten Zahn eine oder zwei Arterien, die sich in der Pulpa

stärker verzweigen. Besonders deutlich treten die weitlumigen Venen hervor. Sie durchziehen in mehreren Hauptbahnen die Pulpa. Häufig anastomosieren sie miteinander. Ihre Wandungen sind nicht ganz glatt, sondern stellenweise unregelmäßig ausgebuchtet. Der Durchmesser einer Vene im alten Zahn ist größer als im jungen Zahn. Die randständigen der axial verlaufenden Venen verästeln sich wie Spalierbäume. In die Pulpenoberfläche eines alten Zahnes sind einzelne weite Kapillarmaschen eingelagert.

An den Kanten alter Pulpen befinden sich Kapillarschlingen. Sie können ganz unterschiedlich gruppiert sein. Meistens ist eine einzige Reihe von Schlingen ausgebildet. Ihre haarnadelförmigen Schleifen ragen ins Dentin hinein. Häufig sind alle gleich lang und in regelmäßigen Abständen parallel nebeneinander ausgerichtet. Bei Frontzähnen tritt die Schlingenbildung immer symmetrisch auf. Die Kapillarschlingen sind im oberen Drittel der Pulpa am längsten. Zum Apex radialis dentis und zur Kronenpulpa zu werden die Schlingen immer kürzer und gehen schließlich in weitmaschige Kapillarnetze über. Bei den Molaren findet sich öfters nur eine Seite der Pulpenoberfläche schlingenbesetzt. Kurze und lange Gefäß-Schlingen können völlig regellos in weiten und engen Abständen zueinander liegen. Bisweilen treten Kapillarschlingen in mehreren Reihen hintereinander auf. Das trifft besonders für jene Wurzelpulpenbezirke zu, die einen halbkreisförmigen Querschnitt besitzen. Die plane Fläche einer derartigen Wurzel ist zur Zahnachse orientiert. Die halbkreisförmig gewölbte Seite liegt der Zahnachse abgewendet. An den Kanten zwischen Halbkreisbogen und planer Pulpenfläche ragen lange Kapillarschlingen ins Dentin hinein. Ihre Anzahl und Länge nimmt zur Mitte des Halbkreises hin ab. Die plane Fläche der Wurzelpulpa ist ohne Kapillarnetz und ohne Gefäß-Schlingen.

Der ständige Dentinanbau kann soweit fortschreiten, daß sich die Gegenseiten des Pulpencavums stellenweise berühren. Zwischen den Berührungsflächen fehlt die Pulpa. Dementsprechend hat die flache Pulpa an diesen Stellen rundliche Löcher. Arterien und Venen umfassen diese kreisförmig oder berühren sie nur an einer Seite. Von den Hauptblutbahnen zweigen kleinere Gefäße ab, die teils in netzige Kapillaren, teils in Kapillarschlingen übergehen. Die Kapillarschlingen dieser Pulpenbezirke sind unterschiedlich lang. Ihre Scheitel liegen zu den Mittelpunkt der Löcher hin orientiert. Teilweise sind sie durch kleine dornenähnliche Kapillarfortsätze ausgezeichnet, welche den Schlingenscheiteln aufsitzen. Die Schenkel der Kapillarschlingen verlaufen dicht nebeneinander.

## 2. EINZELNE SONDERBEFUNDE

### *a) Gefäßverbindungen zwischen Pulpa und Periodontium*

Im unteren und mittleren Drittel der Wurzel jugendlicher und alter Zähne kommen zusätzliche Foramina apikalia vor. Sie bilden Durchgangspforten für Gefäßverbindungen zwischen Periodontium und Pulpa. In den engen Kanälen quer durch das Dentin ist ein eigenes Gefäß-System entwickelt. Es entspricht in jugendlichen Zähnen genau dem jugendlichen Typ der Vascu-

larisation. Die vom Periodontium herstammenden Arterien schließen sich in der Pulpa weitleumigeren, originellen Arterien an. Auch die Venen des Periodontiums anastomosieren durch dieselben Kanäle. Ein engmaschiges Kapillarnetz umgibt die größeren Gefäße. Es geht kontinuierlich in das oberflächliche Kapillarnetz der Pulpa über. Im alten Zahn sind die Anastomosen zwischen Periodontium- und Pulpengefäßen spärlicher ausgebildet. Durch die Foramina apikalia accessoria ziehen nur mehr einige Venen und eine Arterie. Das sie umgebende Kapillarnetz ist weitleumiger geworden. Die Gefäße der Dentinkanäle gleichen denen schmaler, kurzer Wurzelpulpen.

#### *b) Knäuelkapillaren*

Am zweiten unteren Schneidezahn eines fünfjährigen Schweines läßt sich ein merkwürdiger Befund erheben. Das Gefäß-System der Wurzelpulpa gleicht dem eines alten Zahnes. Viele unterschiedlich lange Kapillaren ragen ins Dentin. In der Nähe des Foramen apikale befindet sich ein weitleumiges, oberflächliches Kapillarnetz. Das Gefäß-System der Kronenpulpa gleicht ebenfalls dem alten Typ der Vascularisation. Die Kapillaren der Pars coronaria hingegen sind eigenartig gestaltet (Abb. 5). Zum Teil ähneln sie Schlingen, die mehrfach in verschiedenen Richtungen ausgebuchtet sind. Andere verlaufen stark geschlängelt oder ringeln sich mehrfach auf. Die Kapillaren sind netzartig untereinander verbunden. An einzelnen Stellen lassen sich in das Netz eingebaute, aufgeknäuelte Kapillaren beobachten.

#### *c) Wendelartig gewundene Gefäße*

Diese merkwürdige Gefäßform ist in jungen Zähnen niemals zu finden. Erst in jugendlichen Pulpen lassen sich wendelartig gewundene Gefäße erkennen (Abb. 6). Sie kommen in Prämolaren und häufig in Molaren vor. Stereomikroskopisch kann nicht sicher entschieden werden, ob es sich bei den wendelartig gewundenen Gefäßen um Arterien oder um Venen handelt. (Vgl. später „Histologische Befunde“). Die Wendelung zeigt sich an einzelnen größeren Gefäßen, welche etwa axial die Wurzelpulpa durchziehen. Außerdem finden sich kleinere, mehr randständige Gefäße aufgewendelt. Die weitleumigeren Blutbahnen besitzen größere Wendelradien als die englumigeren. Die Steigungswinkel der Wendel sind unterschiedlich groß. Streckenweise verlaufen diese Gefäße erneut geradlinig. Ihre Verzweigungen in die Kronenpulpa können gerade oder wendelartig sein. In einigen jugendlichen Zähnen bilden einzelne Gefäße lediglich mehrere Schleifen.

Ähnlich gewendelt sind Gefäße in alten Pulpen. Im Pulpenboden des ersten Molaren eines fünfjährigen Schweines z. B. ziehen weitleumige Gefäße enge Schleifen. Sie zeigen sich in ihrem Verlauf auch öfters wendelartig gewunden. Die kleineren abzweigenden Gefäße winden sich nach kurzen geraden Strecken ebenfalls korkenzieherartig auf. An einigen Präparaten sind fast alle Blutbahnen geschlängelt. Ein oberflächliches Kapillarnetz fehlt diesen Zähnen. Die Kapillaren im Inneren der Pulpa verlaufen geradlinig.

#### *d) Arterio-venöse Gefäßverbindungen*

Im Gefäß-System eines alten Zahnes kommen arterio-venöse Kurzschlüsse vor. Im Eckzahn eines fünfjährigen Schweines z. B. verbindet ein englumiges Gefäß den arteriellen Schenkel einer Kapillarschlinge mit dem venösen Schenkel einer anderen. Es ermöglicht im Blutkreislauf des Zahnes einen arterio-venösen Kurzschluß zur Umgehung des Kapillarkreislaufes. Die Gefäßverbindung ist wenige  $\mu$  lang und hat im Injektionspräparat den Durchmesser einer Kapillare. Es ist nicht möglich gewesen, histologisch die genaue Wandstruktur des verbindenden Gefäßes zu untersuchen. Deshalb muß die Frage, die KRAMER (1960) aufwirft, ob es sich um arterio-venöse Anastomosen wie in anderen Geweben handelt, unbeantwortet bleiben.

#### *e) Gefäß-System des Caninus*

Die Canini wachsen im Laufe des Lebens ständig. Sie bleiben ohne Wurzel. Der Hartschubmantel auch dieser Zähne wird während der Alterung dicker. Das Pulpenvolumen jedoch nimmt gleichzeitig — und im Gegensatz zu den anderen Zähnen — zu. Die Gefäß-Systeme junger Eckzähne gleichen dem Typ der Vascularisation junger Zähne. Auch das Blutversorgungssystem alter Eckzähne ähnelt dem junger Pulpen. In die Kronenpulpen alter Canini ziehen viele, fast gleich starke Arterien und Venen. Die Gefäße sind weitlumiger und nicht so dicht, besenreiserartig nebeneinander angeordnet wie in jungen Zähnen. Die Venen anastomosieren häufig. Die Arterien ziehen längs der Zahnachse geradlinig, gewunden oder auch korkenzieherartig kronenwärts. An den Arterien lassen sich viele Aufzweigungen finden. In den alten Canini ist wie beim jungen Zahn die Radiärzone vorhanden. In seine Pulpenoberfläche ist ein engmaschiges Kapillarnetz eingelagert. In der Nähe des Foramen apikale dentis tritt auch eine kapillarfremde Zone auf. Von allen Zähnen ist sie in den Canini der Eber am breitesten (0,75 mm).

### B. HISTOLOGISCHE BEFUNDE

Die stereomikroskopisch erhobenen Befunde können an den histologischen Präparaten bestätigt werden.

#### *1. Bau der Gefäße in jungen und alten Pulpen*

Während der Alterung gestaltet sich nicht nur das Gefäßmuster um, sondern auch die Gefäßwandung verändert sich. In jungen Zähnen sind die weitlumigeren Blutbahnen durchwegs noch sehr dünnwandig und ähneln den Präkapillaren in anderen Geweben. Nach DUNCKER (1952) sehen die Venen in jungen Pulpen wie „Spaltlücken“ aus. Seine Befunde können am vorliegenden Material bestätigt werden. Die Venenwandung wird von einem Endothelschlauch gebildet, der von zartem kollagenen Bindegewebe umspinnen ist. Die Wandmuskeln der Arteriolen sind noch nicht entwickelt.

Während der Alterung des Zahnes verdicken sich die Wände aller Pulpengefäße. Die Wandverdickung ist erst an den Gefäßen der Wurzelpulpa zu sehen. An den Arterien alter Zähne sind drei Wandschichten erkennbar. Die

Tunica media tritt besonders deutlich hervor. Die Gefäßwände der Venen verstärken sich nicht in dem Maße wie die der Arterien. Ihre Lumina hingegen vergrößern sich wesentlich und bleiben stets weiter als diejenigen zugehöriger Arterien. Erst in alten Pulpen lassen sich Arteriolen und Venulen von den Arterien und Venen einerseits und den Kapillaren andererseits eindeutig unterscheiden.

Mit der Leukofuchsinreaktion nach MC MANUS färben sich die Kapillargrundhäutchen junger Zähne deutlich an. Die Kapillarlumina junger Pulpen werden von schmalen, hellrosa Säumen umgeben. An alten Pulpen dagegen sind die positiv reagierenden Substanzen des Kapillargrundhäutchens als breiterer Saum und intensiver rot angefärbt. Während die Kapillarwand altert, verdickt sie sich. Gleichzeitig werden vermehrt Substanzen eingebaut, welche mit Leukofuchsin positiv reagieren. (Diskussion hierzu siehe LANG, 1957.)

## *2. Gefäße der Radiärzone*

Die Blutgefäße innerhalb der Radiärzone junger Pulpen sind Präkapillaren und Kapillaren. Den Gefäßtyp in jedem Einzelfall festzulegen, ist nicht möglich, da die Blutbahnen dieser Größenordnung in jungen Pulpen noch nicht differenziert sind (siehe B 1). Die Gefäße der Radiärzone können nur an den stets weiterwachsenden Canini genauer analysiert werden. Ein Teil von ihnen entspricht dem Wandbau nach Präkapillaren. Andere Gefäße gleichen Arteriolen und Venulen. Die Präkapillaren dieser Zone zweigen sich niemals auf (Abb. 2). Die Arteriolen verlaufen, wie die benachbarten Venulen, in regelmäßigen Abständen voneinander entfernt.

## *3. Wendelartig gewundene Gefäße*

Bei histologischer Untersuchung erweisen sich die wendelartig gewundenen Gefäße als arterielle Blutbahnen (Abb. 7). Ihre Wandungen sind innerhalb der geraden Verlaufstrecken genauso beschaffen wie in korkenzieherartig gewundenen. Sie bestehen stets aus drei Schichten entsprechend dem Aufbau ausdifferenzierter arterieller Gefäße. Die Wendel treten an den Gefäßen völlig regellos auf und können in alle Richtungen des Pulpenraumes orientiert sein.

## *4. Kapillarplexus und Kapillarschlingen*

Ein dichter Saum aus Odontoblasten grenzt die Schweinezahnpulpa vom Dentin ab. Die Zellen liegen in jungen, jugendlichen und alten Pulpen in mehreren Lagen übereinander. Der Odontoblastensaum wird während der Alterung immer schmaler. In die Odontoblastenschicht ist der oberflächliche Kapillarplexus eingelagert. Jeweils die randständigen der axial verlaufenden Arterien des Zahnes teilen sich entweder an der Basis der Odontoblasten oder seltener etwas pulpeneinwärts davon in Kapillaren auf. Die Haargefäße stehen innerhalb der Odontoblasten netzartig miteinander in Verbindung. Bei jungen Zähnen sind sie stellenweise nur an der Basis der Odontoblasten zu finden. Die meisten dringen aber durch die Odontoblastenschicht hindurch

und kommen in unmittelbaren Kontakt mit dem Prädentin (Abb. 8). Derartige Kapillaren finden sich in jugendlichen Zähnen häufiger als in jungen. In der Gegend des Foramen apikale kommen — in jungen Pulpen — keine Kapillaren zwischen den Odontoblasten vor. Eigenartigerweise durchbrechen Kapillarschlingen alter Zähne die Odontoblastenzone vollständig. Ihre haar-nadelförmigen Gefäß-Schleifen ragen weit ins Dentin hinein. Auf diesen merkwürdigen Befund soll genauer eingegangen werden.

Dem Dentin wird pulpenwärts Prädentin vorgebaut. An jungen Zähnen ist die Prädentingrenze zur Pulpa hin glatt. An alten Zähnen dagegen ist sie unregelmäßig eingebuchtet. Stellenweise ragen relativ schmale Pulpenfortsätze in das Dentin hinein. In die längsten dieser Fortsätze sind die Kapillarschlingen eingelagert (Abb. 9 und 10). Jede Schlinge liegt einzeln in einem eigenen Dentinfach, das zu anderen keine Verbindung besitzt. Die Kapillarschlingen ragen nie ins Prädentin allein, sondern ins Dentin hinein, und zwar maximal 0,7 mm.

#### IV. DISKUSSION

##### *a) Besprechung der Methode*

Die Injektionstechnik (J. LANG 1954) hat sich zur Injektion von Pulpenkapillaren in Tierzähnen als günstig erwiesen. Im Gegensatz zu der von SAUNDERS (1957) angegebenen Methode gelingt sie mit einfacher Versuchsanordnung. Außerdem können stereomikroskopische und histologische Befunde erhoben werden, die SAUNDERS (1957) zur Deutung seiner mikroradiographischen Bilder fehlen.

Die angewandte Technik ist der KRAMER'SCHEN Methode (1951) überlegen, weil sie bei Zähnen mit weitem und auch bei solchen mit engem Foramen apikale anwendbar ist. Erfahrungsgemäß zeigen sich Zähne mit kleinem Pulpenvolumen und engem Foramen apikale besser injiziert als diejenigen mit großem Pulpenvolumen und weitem Foramen apikale. Abgesehen davon können mit dieser Methode gleichzeitig ganze Gebisse injiziert werden. Das Gefäß-System der Pulpa läßt sich mit ihrer Hilfe vollständig und unbeschädigt darstellen. Die mit Skriptol injizierten, schwarzen Gefäße heben sich gut vom umgebenden Gewebe ab.

Zu Mißerfolgen in der angewandten Methode führen Injektionen, welche später als etwa 40 Minuten post mortem des Tieres durchgeführt werden. Schwierigkeiten macht die Fixation der Pulpa, da die ganzen Tierköpfe mit den Zähnen in situ fixiert werden müssen.

##### *b) Besprechung einzelner Befunde*

Die Untersuchungsreihe ergibt Befunde, welche die Alterung des Gefäß-Systems der Pulpa aufzeigen. Auffallend ist das Ineinandergreifen von Umbau des Kapillarnetzes und Verminderung der Odontoblasten. In jungen Pulpen versorgt ein räumlich-gestaltetes, engmaschiges Kapillarnetz eine Odontoblastentapete, welche zu dieser Zeit aus mehrreihig übereinander gelagerten Zellen besteht. In jugendlichen Zähnen wird das Kapillarnetz

flacher und weitmaschiger. Wahrscheinlich reicht ein spärlich entwickelteres Kapillarnetz für den Stofftransport zu den weniger zahlreichen Odontoblasten dieser Altersstufe aus. Untergehende Kapillaren lassen sich nicht nachweisen.

KRAMER (1960) hat beobachtet, daß bei den Wurzelpulpenbezirken mit halbkreisförmigem Querschnitt an den kapillarf freien, planen Flächen auch keine Odontoblasten zu finden sind. Seine Befunde sind nicht überprüft worden. Im ständig wachsenden Eckzahn jedoch bleiben die Odontoblasten zur fortwährenden Dentinbildung erhalten. Bei diesen Zähnen ist auch stets in jeder Altersstufe ein engmaschiges Kapillarnetz anzutreffen.

Der Zweck und die Entstehungsweise der Kapillarschlingen in alten Zähnen läßt sich nicht sicher aufklären. Es soll daher eine Entstehungshypothese dieser eigenartigen Kapillarmuster gegeben werden.

Während der Alterung werden die Durchmesser der oberflächlichen Kapillarmaschen weiter. Möglicherweise versucht der Zahn, durch Ausbildung von Kapillarschlingen eine möglichst große Kapillaroberfläche zu schaffen. Diese Vermutung gewinnt an Wahrscheinlichkeit durch das Vorkommen von Knäuelkapillaren in alten Pulpen. Auch diese Kapillarknäuel tragen zu einer Vergrößerung der Kapillaroberfläche bei.

Eigenartigerweise ist in den Dentes canini alter Eber kein Kapillarschlingensystem nachzuweisen. Dieser Befund ist deshalb überraschend, weil die Eckzähne der Eber während der Alterung die funktionstüchtigsten Zähne bleiben und stets weiterwachsen. An deren Pulpenoberfläche bleibt ein engmaschiges Kapillarnetz erhalten.

Es fragt sich, auf welche Weise aus einem Kapillarnetz innerhalb der Odontoblastenschicht stellenweise ins Dentin eingelagerte Kapillarschlingen entstehen. Während der Alterung wird normalerweise Dentin von innen her angebaut. Dabei werden Odontoblastenfortsätze ins Dentin eingemauert. Blieben ausnahmsweise an den genannten Stellen (Pulpenkanten usw.) Kapillaren zurück, so könnten diese in Folge radiären Anbaues des Dentins nur langgestreckte Formen besitzen. Eine Schlingenkapillare entspräche einer solchen Forderung am ehesten. Besonders der Zusammenhang von Schlingenkapillaren mit dem oberflächlichen Kapillarplexus der Pulpa macht eine solche Entstehungsweise wahrscheinlich. Die Schenkel der eingebauten Haargefäße verlängerten sich um so mehr, je weiter die Odontoblasten pulpenwärts zögen. Dadurch ließe sich auch die parallele Lage der Schlingen zueinander und ihre Orientierung zur Zahnachse erklären. In jugendlichen Zähnen sind die Kapillarschlingen noch sehr kurz. Erinnert sei an die früher beschriebene stachelig aussehende Pulpenoberfläche. Die längsten Schlingen sind folgerichtig nur in alten Zähnen zu finden.

Als Funktion der wendelartig gewundenen Arterien führt STAUBESAND, HAMMERSEN (Arterien des Nierenbeckens 1961) an, daß sie „Reservewicklungen“ darstellen. Sie sollen sich auf raumfordernde Funktionszustände betreffender Organe einstellen können. Für die bis jetzt nachgewiesenen sogenannten Spiralarterien in Amphibienzunge, Uterus, Hoden, Magen usw.

mag dergleichen funktionelle Möglichkeit gegeben sein. Für wendelartig gewundene Arterien in Pulpen kommt eine solche Funktion nicht in Betracht. Die Pulpengefäße liegen innerhalb eines starren Hohlraumes. Die schraubig gewundenen Blutbahnen müssen sich nicht „raumfordernden Funktionszuständen“ anpassen. Im Gegenteil, der ihnen zur Verfügung stehende Pulpenraum wird durch ständigen Dentinbau eingeengt. So betrachtet, könnte eher eine allmählich mit der Alterung einhergehende Stauchung der Arterien zu wendelartig gewundenen Formen führen. Die funktionelle Deutung als hämodynamische Regulationseinrichtung soll hier nicht diskutiert werden. (Ausführlichere Diskussion dazu siehe STAUBESAND, HAMMERSEN, 1960.)

*c) Das Gefäß-System der Schweinezähne im Vergleich zu dem menschlicher Zähne*

KRAMER (1960) hat jüngst sehr genaue Angaben über das Gefäß-System im menschlichen Zahn veröffentlicht. Seine Befunde entsprechen fast denen der Gefäß-Struktur jugendlicher Schweinezahnpulpen. Allerdings untersucht er weder junge, noch sehr alte Zähne. Der Kapillarplexus berührt in seinen Untersuchungsreihen nur stellenweise das Prädentin. Möglicherweise reicht ein Kapillarnetz an der Basis der Odontoblasten zum Stofftransport aus, da sie nicht in soviel Schichten übereinander angeordnet sind wie in Schweinezahnpulpen. In die Oberfläche menschlicher Wurzelpulpen kann nach KRAMER (1960) ebenfalls nur auf einer Seite ein Kapillarnetz eingelagert sein. Er findet eine Anzahl von arteriovenösen Anastomosen zur Umgehung des Kapillarkreislaufes. Ofters als in Schweinezähnen kommen in menschlichen Zähnen Foramina apikalia accessoria vor, die Anastomosen von Periodontium- und Pulpengefäßen ermöglichen. Gefäße des Periodontiums, die in der Bifurkation des Zahnes das Dentin durchdringen und mit Pulpengefäßen anastomosieren, sind in Schweinezähnen sehr selten gefunden worden. Abgesehen davon lassen sich keine Blutbahnen nachweisen, welche vom Periodontium ausgehen und die Pulpa ausgiebiger versorgen als die eigentlichen durch das Foramen apikale ziehenden Pulpengefäße.

Der histologische Aufbau der Gefäße in Schweinepulpen entspricht genau den Befunden, die DUNCKER (1952) an den Pulpengefäßen menschlicher Zähne erheben kann.

## V. ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Arbeit befaßt sich mit dem Gefäß-System von Schweinezahnpulpen. Nach der Technik J. LANG (1954) läßt es sich mit einem Skriptol-Plasmagemisch gut injizieren. Untersucht werden Pulpengefäße von 4 Tage bis zu 5 Jahre alten Schweinen.

Besondere Beachtung findet die unterschiedliche Gefäß-Struktur des jungen, des jugendlichen und des alten Zahnes. Die erhobenen Befunde dieser Untersuchungsreihe werden den bisherigen Ergebnissen über das Gefäß-System des menschlichen Zahnes gegenüber gestellt.

1. Das Gefäß-System junger Pulpen besteht aus fast gleichstarken, sehr dünnwandigen Arterien und Venen, die besenreiserartig im Inneren der Pulpa verlaufen. Sie versorgen eine „Radiärzone“ mit Präkapillaren und Kapillaren. In die Pulpenoberfläche ist ein räumlichgestaltetes, gleichmäßig engmaschiges Kapillarnetz eingelagert. In der Nähe des Foramen apikale befindet sich eine kapillarfreie Zone.
2. Alte Pulpen besitzen weniger und weitlumigere Venen und Arterien als die jungen. Ihr oberflächliches Kapillarnetz ist weitmaschiger. Stellenweise finden sich Schlingenkapillaren. Die Wandungen aller Blutbahnen verdicken sich während der Alterung.
3. Das Blutversorgungssystem jugendlicher Zähne entspricht einer Übergangsform zwischen dem eines jungen und eines alten Zahnes.
4. In ein und demselben Zahn können „jugendliche“ und „alte“ Kapillartypen auftreten.
5. Milchzähne, bleibende Zähne und alle Zahntypen altern in gleicher Weise. Lediglich die Zeit des Umbaues ist unterschiedlich.
6. Ein Kapillarplexus ist in die Odontoblastenschicht eingelagert. Er berührt stellenweise das Prädentin.
7. Kapillarschlingen ragen ins Dentin hinein. Maximal sind sie 0,7 mm lang. In alten Pulpen besitzen sie teilweise dornenähnliche Fortsätze.
8. Bei Wurzelpulpen alter Zähne mit halbkreisförmigem Querschnitt ist die gewölbte Seite von einem weitmaschigen Kapillarnetz vascularisiert. Von den Pulpenkanten ragen viele Kapillarschlingen ins Dentin hinein. An der planen Fläche finden sich keine Kapillaren.
9. An Schlingenkapillaren des alten Zahnes lassen sich arterio-venöse Kurzschlüsse nachweisen.
10. In der Pars coronaria der Pulpa treten Anastomosen zwischen den Gefäß-Systemen mehrerer Wurzeln auf.
11. Die Canini besitzen ein Gefäß-System, das, entsprechend dem ständigen Wachstum des Zahnes, nicht wie die anderen Zähne altert. Es gleicht im alten Zahn immer noch dem „jungen“ Typ der Vascularisation.
12. Als Sonderbefunde lassen sich wendelartig gewundene Arterien im Innern alter Pulpen und Knäuelkapillaren an deren Oberfläche beobachten.
13. Das Gefäß-System der menschlichen Pulpa entspricht dem jugendlichen Typ des Blutversorgungssystems von Schweinezähnen. Beim menschlichen Zahn kommen öfters Anastomosen zwischen Periodontium- und Pulpengefäßen vor.

## VI. LITERATURVERZEICHNIS.

- DUNCKER, G., Das morphologische Altern der Pulpa des Zahnes. Deutsche Zahnärzte Zeitung 24 (1428—1432) 1952.
- FABER, F., FAUCHARD, P., FISCHER, G. - LANDOIS, GAINI, B.: Zit. nach OHST, R.
- KRAMER, I., The Vascular Architecture of the Human Dental Pulp. Pergamon Press, London, New York, Paris 1960
- LANG, J., Beitrag zur Gefäßversorgung der Gelenkinnenhaut. Z. f. mikr. anat. Forschung 60 (503—521) 1954.
- LANG, J., Die Gelenkinnenhaut, ihre Aufbau- und Abbauvorgänge. Morph. Jahrb. 98 (387—483) 1957.
- MEYER, W., Lehrb. der normalen Histologie u. Entwicklungsgeschichte der Zähne des Menschen. C. Hanser-Verlag, München 1951
- OHST, R., Die Gefäßversorgung der Pulpa. Med. Diss. 34 S. Würzburg, 4. Juli 1934
- RUSSEL, C. KRAMER, I. Observations on the Vascular Architecture of the Dental Pulp. I. dent. Res. 35 (157) 1956.
- SAUNDERS, R. C., X-ray Mikroskopy of Human Dental Pulp Vessel. Nature London 180 (1353—1354) 1957 b
- NICKEL, R., SCHUMMER, A., SEIFERLE, E. Lehrb. der Anatomie der Haustiere. Paul Parey Verlag, Berlin, Hamburg, Band II, 1960
- SICHER, H., WEDEL, C. u. a.: Zit. nach OHST, R.
- STAUBESAND, J. HAMMERSEN, F. Arterien und Capillaren des menschlichen Nierenbeckens unter besonderer Berücksichtigung der sog. Spiralarterien. Z. f. Anatomie u. Entwicklungsgeschichte 122 (314—347) 1961.

Abb. 1

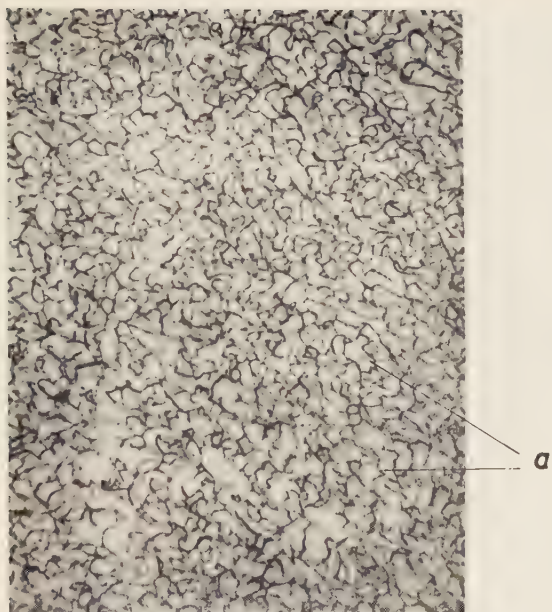


Abb. 2

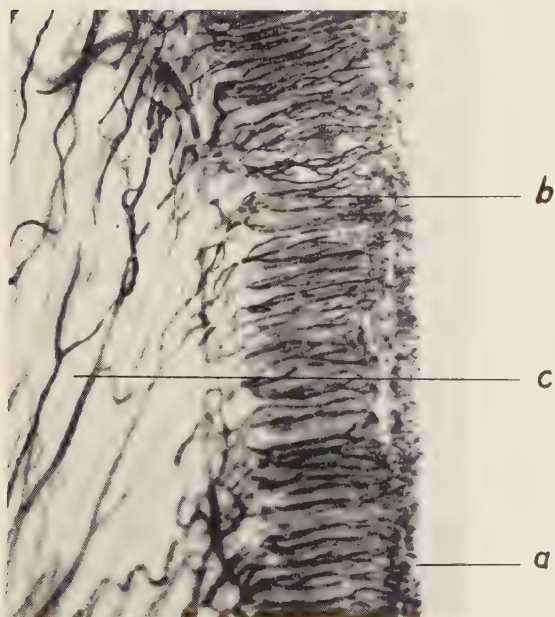


Abb. 3



Abb. 4

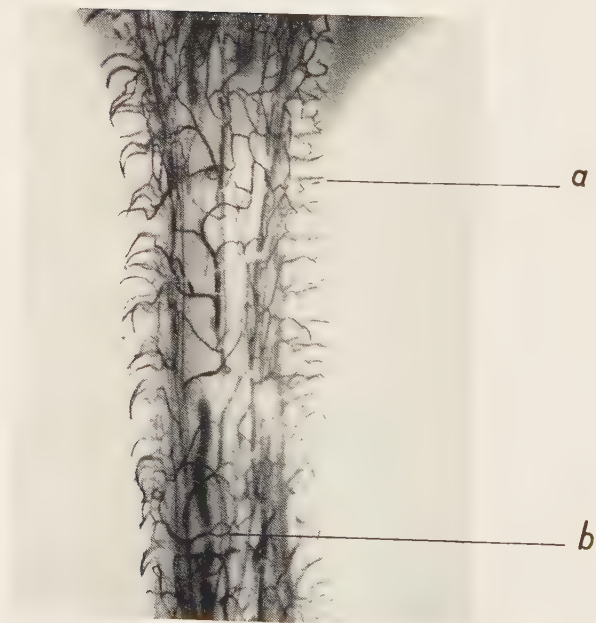


Abb. 5

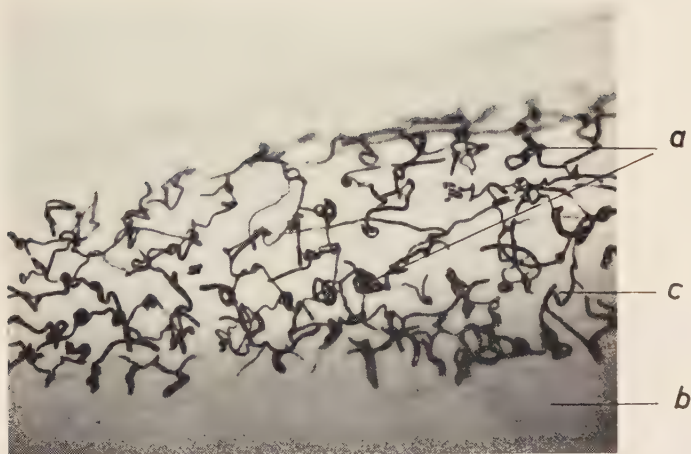


Abb. 6

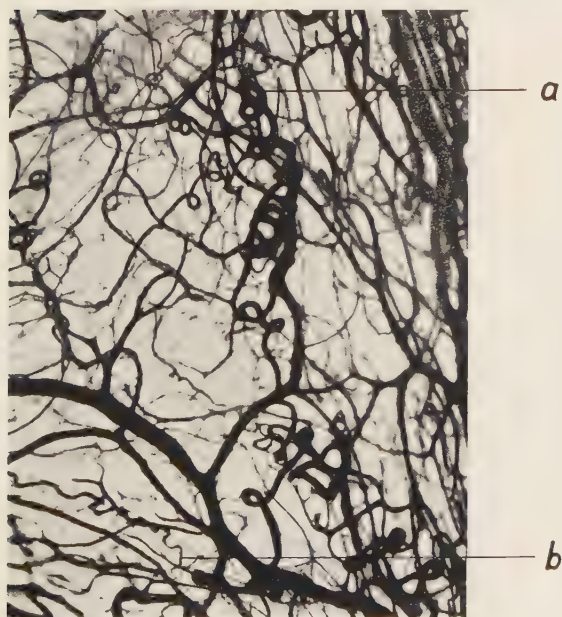


Abb. 7

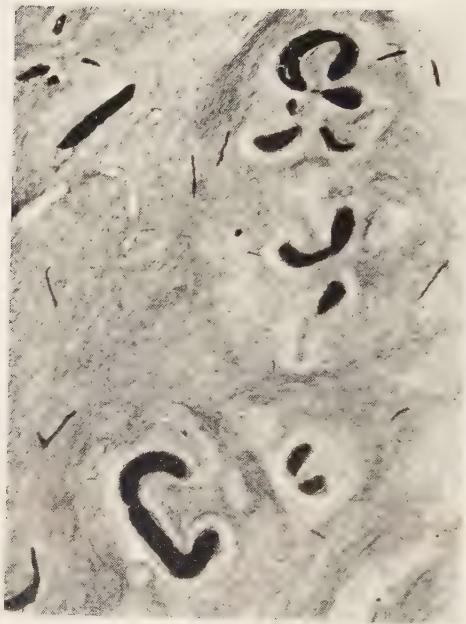


Abb. 8

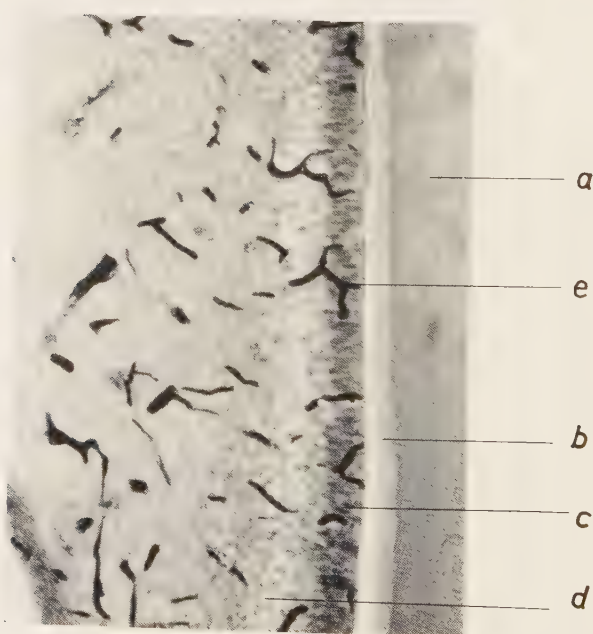


Abb. 9

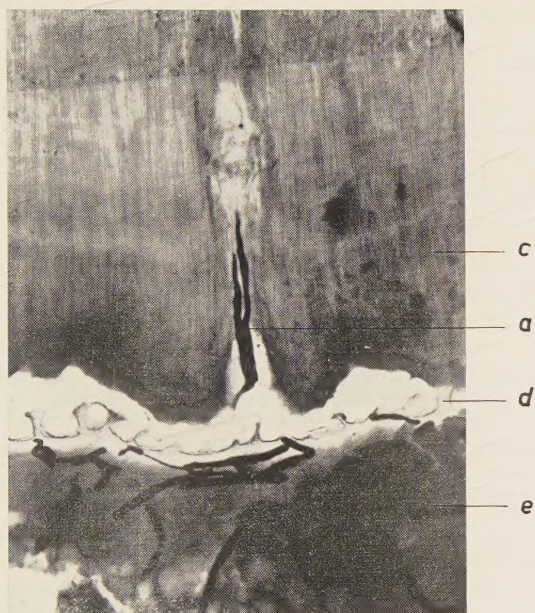
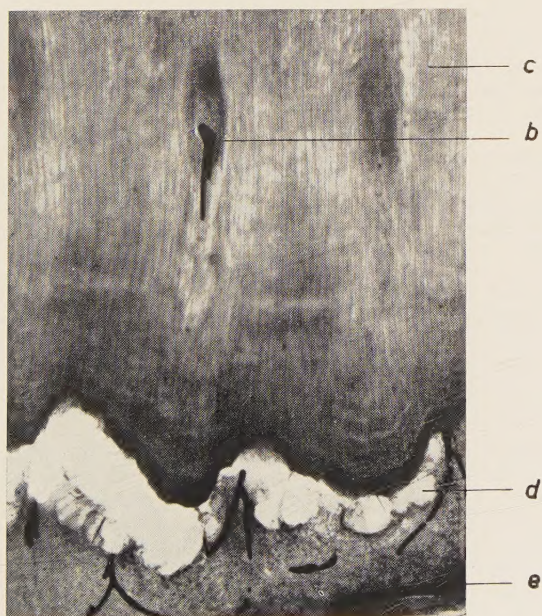


Abb. 10



- Abb. 1** Oberflächliches Kapillarnetz „junger“ Pulpen. (a = polygonale Kapillarmaschen).  
Ausschnitt aus dem Kapillarnetz an der Pulpenoberfläche des oberen Eckzahnes eines 4 $\frac{1}{2}$  jährigen Schweines.  
Skriptolinjiziert. Zeiss-Stemi Obj. 6, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 35-fach.
- Abb. 2.** Längsschnitt durch eine „junge“ Pulpa (a = oberflächliches Kapillarnetz, b = „Radiärzone“, c = Pulpenstroma mit englumigen Arterien und Venen).  
Teilansicht eines Längsschnittes durch die Pulpa eines oberen Eckzahnes eines 4 $\frac{1}{2}$  jährigen Schweines. Skriptolinjiziert. Zeiss-Stemi Obj. 10, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 55fach.
- Abb. 3.** Gefäß-System einer „jugendlichen“ Pulpa.  
Das Gefäß-System des mittleren Drittels der Wurzelpulpa des rechten oberen ersten Schneidezahnes eines 4 $\frac{1}{2}$  jährigen Schweines. Skriptolinjiziert und aufgeheilt. Zeiss-Stemi Obj. 16, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 80fach.
- Abb. 4.** Kapillarschlingen an „jugendlicher“ Wurzelpulpa. (a = Kapillarschlingen am oberen Drittel der Wurzelpulpa, b = oberflächliches Kapillarnetz in der Gegend des Foramen apikale dentis).  
Skriptolinjiziertes Gefäß-System der Wurzelpulpa des rechten oberen dritten Prämolaren eines 5jährigen Schweines. Zeiss-Stemi Obj. 16, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 54fach.
- Abb. 5.** Knäuelkapillaren. (a = aufgeknäuelte Haargefäße, b = Dentin, c = gewundene Haargefäße).  
Aufgeknäuelte Kapillaren an der Oberfläche der Kronenpulpa des rechten unteren zweiten Schneidezahnes eines 5jährigen Schweines. Skriptolinjiziert und aufgeheilt. Zeiss-Stemi Obj. 40, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 170fach.
- Abb. 6.** Wendelartig gewundene Arterien. (a = wendelartiggewundene Arterie, b = geschlängelte Arterie).  
Gewendete Arterien im Pulpenboden des rechten oberen zweiten Molaren eines 4 $\frac{1}{2}$ jährigen Schweines. Skriptolinjiziert und aufgeheilt. Zeiss-Stemi Obj. 16, Ok. 10, nachvergrößert auf etwa 80fach.
- Abb. 7.** Wendelartig gewundene Arterie.  
Gewendete Pulpenarterie des rechten oberen zweiten Molaren eines 4 $\frac{1}{2}$ jährigen Schweines. Skriptolinjiziert, Paraffinschnitt, 7  $\mu$ , Leukofuchsinreaktion nach Mc Manus, Photomikroskop Zeiss, Obj. 6, 3, nachvergrößert auf etwa 200fach.
- Abb. 8.** Skriptolinjizierte Pulpenkapillaren innerhalb der Odontoblasten. (a = Dentin, b = Prädentin, c = Odontoblasten, d = Pulpa, e = Pulpenkapillaren).  
Längsschnitt durch die Wurzel des rechten oberen dritten Prämolaren eines 7 Monate alten Schweines. Skriptolinjiziert, entkalkt. Paraffinschnitt, 9  $\mu$ , Leukofuchsinreaktion nach Mc Manus. Photomikroskop Obj. 6, 3, nachvergrößert auf etwa 280fach.
- Abb. 9. und 10.** Ins Dentin ragende Kapillarschlinge. (a = pulpennaher Schlingenkapillarabschnitt, b = Scheitel derselben Schlinge in einem der nächsten Serienschnitte, c = Dentin, d = Odontoblastenzone, e = Pulpengefäße).  
Ins Dentin ziehende Schlingenkapillare des rechten unteren zweiten Schneidezahnes eines 5jährigen Schweines. Skriptolinjiziert. Paraffinschnitt, 15  $\mu$ , Leukofuchsinreaktion nach Mc Manus. Photomikroskop Obj. 6, 3, nachvergrößert auf etwa 350fach.

KÄTE FRIEMEL  
Zahnärztin  
München  
Friedrichstraße 33/0

München, den 1. 7. 1962

### LEBENS LAUF

Als zweites Kind des Studienprofessors Franz-Josef Friemel und seiner Ehefrau Elisabeth Friemel, geb. Haunschild, wurde ich am 19. Mai 1936 in Breslau geboren. Mit sechs Jahren trat ich in Wohlau, einer schlesischen Kreisstadt, in die Volksschule für Mädchen ein. Im Januar 1945 wurde meine Mutter aus der Heimat vertrieben und floh mit uns fünf Kindern bis zur Ostsee. Von September 1948 bis Juli 1956 besuchte ich das Städt. Mädchenrealgymnasium in Regensburg, wo ich am 19. 7. 1956 die Reifeprüfung bestand. Zum Wintersemester 1956/57 immatrikulierte ich mich an der Universität München für das Fach Zahnheilkunde. Im Frühjahr 1959 legte ich die Vorprüfung für Zahnärzte ab. Das zahnärztliche Staatsexamen bestand ich am 17. Januar 1962 an der Münchner Universität.

Für die Themenstellung dieser Arbeit, für die Anweisungen und die stets großzügige Unterstützung, sowie für die kritische Beurteilung sage ich Herrn Privatdozent Dr. med. Johannes LANG meinen aufrichtigen Dank.

